



# 하이브리드 전기 자동차의 최근 개발 동향

## The Recent Trend of Hybrid Electric Vehicle Development

조 성 태 / 현대자동차 연구원  
Sung Tae Cho / Hyundai Motor Company

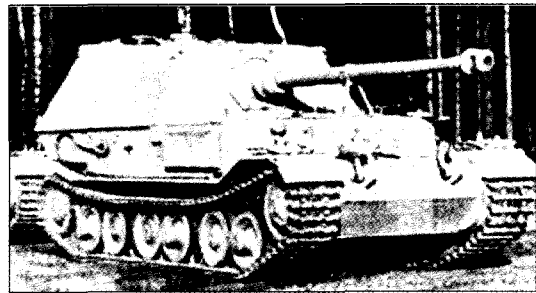
최근 지구환경 및 석유자원 고갈문제로 전기 자동차, 하이브리드 전기자동차, 연료전지 자동차와 같은 차세대 차량에 대한 관심이 커지고 있다.

이 중 하이브리드 전기자동차는 선진 각국의 배기가스 규제치를 단기간 내에 충족시킬 수 있는 유일한 대안으로 평가 받고 있다.

하이브리드 전기자동차의 개발 역사는 내연기관 차량의 역사만큼이나 오래된 것으로서 하이브리드 전기자동차에 대한 최초의 특허는 1905년에 등록된 것으로 초기 내연기관의 부족한 동력을 모터로 보조하고자 한 것이다.

그러나 하이브리드 차량은 구조 및 제어가 복잡하기 때문에 일반적인 용도로는 사용되지 못하고, 경주용, 군용 등의 특수한 목적으로 개발되어 왔다.

2차 세계 대전시 고성능 유도 전동기의 제조가 가능해지자 궤도차량의 기동성 향상을 위해서 주 동력원으로 전동기를 사용하고 엔진으로 발전을 하여 전원을 공급하는 직렬형 하이브리드 전차가 연구되었으나 이 또한 동력변환시의 효율이 낮은 문제와 유도 전동기의



〈그림 1〉 최초의 직렬형 하이브리드 전차 페르디난트(1943년, 독일)

신뢰성 문제로 양산화 되지는 못하고 선행 개발된 90대만이 실전에 사용되었다.

그 뒤 내연기관의 성능이 비약적으로 발달함에 따라 하이브리드 자동차에 대한 관심은 사라져갔으나 1960년대 이후 석유파동 및 선진 각국에서 지구온난화 등의 환경 문제가 중요 관심사로 부각되고, 전기자동차의 한계가 명확해 지면서 고연비 저공해 차량의 대안으로 다시 하이브리드 전기자동차에 대한 연구가 활발해 지고 있다.

하이브리드 전기자동차의 개발은 연/배기 성능 향

상이라는 현실적인 목표 이외에도 기술력 과시라는 부가적인 목표로 인해 세계 각국의 자동차 회사들은 하이브리드 전기자동차의 개발과 양산에 많은 힘을 쏟고 있다.

초기 하이브리드 전기자동차의 개발방향은 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 전기자동차를 보완 개발하는 방향으로, 전기 자동차의 부족한 주행 거리를 증대시키는데 목적을 두고 있다.

이러한 목적의 하이브리드 전기자동차를 레인지 익스텐더(Range Extender)라고 부르며 주로 직렬형 하이브리드 전기자동차의 개발로 이어지고 있다.

또 다른 하나는 내연기관 자동차의 효율을 증대시키기 위한 것으로서 소형의 전기시스템을 부가하여 내연기관을 보다 고효율 영역에서 운행함으로써 결과적으로 차량의 연배기 성능을 향상시키기 위한 것이다. 이러한 목적의 하이브리드 전기자동차를 파워어시스트 하이브리드(Power Assist Hybrid)라고 부르며 병렬형 하이브리드 전기자동차의 개발로 이어지고 있다.

최근의 하이브리드 차량의 개발은 전기자동차의 보완 설계라는 개념 보다는 내연기관 차량의 성능 개선에 중점을 두고 있으며 따라서 병렬형 하이브리드 차량의 개발에 노력을 집중하고 있다.

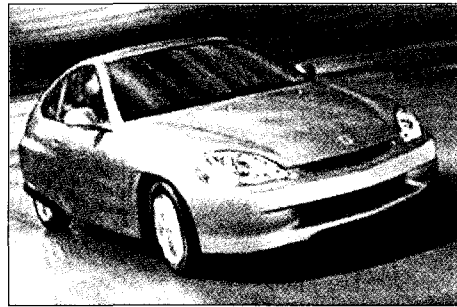
하이브리드 전기자동차 개발에 있어서 가장 많은 성과를 보여주고 있는 나라는 일본으로 도요다 자동차에서는 이미 1997년에 1.5L-43kW의 가솔린 엔진과 30kW의 구동용 전동기, 15kW의 발전용 전동기를 장착한 복합형 하이브리드 자동차 프리우스를 세계 최초로 일반 판매하였다.

프리우스의 개발은 단순히 기존의 내연기관 자동차를 하이브리드 형으로 업그레이드하는 수준이 아니라 변속기구에서 엔진에 이르기까지 동력전달계 전부가 하이브리드 전기자동차용으로 새로이 개발되었다.

엔진은 고효율이나 출력이 낮기 때문에 기피되는 아



〈그림 2〉 최초의 양산 하이브리드 승용차 도요다 프리우스 (1997년, 일본)



〈그림 3〉 아이엠에어를 장착한 혼다 인사이트(1999년, 일본)

트킨슨 사이클을 적용하여 효율 향상을 꾀했으며, 부족한 출력은 전동기를 사용하여 보충하도록 하였다. 또한 두개의 전동기와 유성치차를 사용한 독특한 동력 전달계를 개발함으로써 무단변속과 직/병렬 하이브리드의 특징을 모두 구현하는 것이 가능하다.

도요다 자동차는 연간 3만대를 판매한 프리우스의 성공에 힘입어 크라운 하이브리드와 에스티마 하이브리드를 발표하였다.

크라운 하이브리드는 본격적인 하이브리드 시스템을 장착한 프리우스와는 달리 소형의 모터/배터리로 아이들 스탑/고, 회생제동을 주로 하는 42V 하이브리드 시스템이 탑재되어 있다.

에스티마 하이브리드는 전륜에는 병렬형 하이브리드 시스템이 후륜에는 모터가 장착되어 있어 전기적으



## 하이브리드자동차

로 4륜 구동을 구현할 수 있다.

혼다 자동차에서는 이에 대응하여 1.0L-41kW의 가솔린 엔진과 10kW의 구동용 전동기를 장착한 병렬형 하이브리드 자동차 인사이트를 개발/판매 중에 있다.

특히 혼다 사의 인사이트는 하이브리드 기술 자체 보다는 차량의 중량 감소 및 엔진의 효율 증대에 중점을 두고 개발되어 하이브리드 차량이면서 차량 전체의 중량이 800kg에 불과할 정도로 경량화 되어 있다.

인사이트는 도요다 사의 프리우스와는 달리 기본적으로는 가솔린 엔진을 사용하여 구동하며 소 용량 가솔린 엔진을 사용했기 때문에 출력이 부족한 점을 보완하기 위해 아이엠에이(IMA)라 불리는 하이브리드 시스템이 동력 보조를 수행하는 형식이다.

또한 닛산에서는 무단변속기를 장착한 2축 병렬형 하이브리드 차량을 개발하여 티노라는 명칭으로 소량 양산하여 발매하였다.

닛산의 티노는 도요다 프리우스와 같은 복합형 하이브리드 이지만 프리우스와는 달리 기존의 벨트식 무단 변속기와 2개의 모터를 사용하여 병렬/직렬형 하이브리드를 구현한다.

티노하이브리드는 경쟁사인 도요다와 혼다가 니켈 수소 배터리를 사용하는데 비해 리튬이온 배터리를 사용함으로써 하이브리드 전기자동차에서 가장 중요한 문제 중의 하나인 배터리 충전 수준의 관리를 보다 정확하게 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

닛산은 이외에도 마치 승용차의 후륜에 모터를 장착하여 전기적으로 4륜 구동 성능을 구현하고 회생제동을 할 수 있는 마치 하이브리드를 개발하였지만 모터의 사용이 일부 상황에서 만으로 국한되기 때문에 일본 정부의 하이브리드 인증을 받는 데는 실패하였다.

도요다의 프리우스 출시 이후 일본의 각 자동차 회사는 실용적인 목적과 자사의 기술력 과시 목적으로



(그림 4) 복합형 하이브리드시스템을 채용한 닛산의 티노(1999년, 일본)



(그림 6) 울트라 커패시터를 채용한 닛산디젤 하이브리드 트럭(2002년, 일본)



(그림 5) 2-클러치 시스템을 채용한 히노의 복합형 하이브리드 버스 (2004년 출시 예정, 일본)



(그림 7) 커패시터를 채용한 닛산디젤의 직렬 하이브리드 버스(일본)

다양한 형식의 하이브리드 전기자동차를 발표하고 있는데, 승용 외에 상용 쪽으로도 매우 활발한 연구가 이루어지고 있다.

상용의 경우 대부분 디젤 엔진을 동력원으로 채택하고 있는데 디젤 엔진의 특성상 엔진의 급격한 운전 영역 변화가 있을 때 배기가스의 배출이 특히 증가되게 된다.

이점에 주목하여 직렬 혹은 병렬 방식으로 하이브리드 시스템을 구성함으로써 배기가스 배출을 줄이려는 노력이 집중되고 있다.

히노 자동차는 원웨이 클러치와 일반 클러치의 2-클러치 시스템을 사용하여 복합형 하이브리드 버스를 개발하였다. 현행 버스 대비 1.8배의 연비향상 배기가스 배출 50% 절감을 목표로 하고 있으며 2004년 3월 출시 예정이다.

상용 차량에 회생제동 시스템을 적용할 경우 리타더를 없앨 수 있으며 브레이크의 수명을 증대시켜, 정비성 면에서 많은 경제적인 이점을 가질 수 있다.

그러나 상용 차량의 경우 회생 제동시의 제동에너지량은 승용 차량과 비교할 수 없을 정도로 크기 때문에 동력 밀도가 낮은 배터리 시스템의 경우 제동 에너지를 제대로 회수하기 어렵다는 문제점이 있다.

닛산디젤은 이점에 주목하여 동력밀도가 높은 커패시터를 장착한 병렬형 하이브리드 트럭을 출시하였다.

닛산디젤은 도심주행용으로 커패시터를 장착한 직렬형 하이브리드 버스를 개발하였는데, 차량의 가속 성능을 크게 줄이는 대신 연/배기 성능을 향상 시키는데 중점을 두고 있다. 닛산디젤의 주장에 의하면 기존 CNG버스 대비 2.4배 이상의 연비 향상 효과가 있다고 한다.

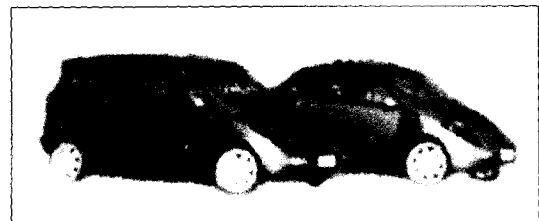
유럽 쪽에서는 하이브리드 전기자동차에 대한 연구보다는 디젤 엔진 등의 엔진 자체의 효율을 향상시키는데 연구가 집중되어 왔으나 최근에는 중소 규모의 연구소를 중심으로 다양한 형태의 하이브리드 시스템

이 개발되고 있다. 스위스에 위치한 에소로(Esoro)사는 트윈트랙(Twintrack)이라는 매우 특이한 형태의 하이브리드 시스템을 발표하였다.

트윈트랙은 앞서 설명한 하이브리드 전기자동차와는 달리 전기시스템을 기본으로 하고 내연기관이 보조 동력으로 작동되는 방식이다.

트윈트랙은 특이하게도 병렬형 시스템을 채택하고 있으면서 변속기를 장비하지 않고 있다. 가/감속이 빈번하게 발생하는 도심 주행시는 전적으로 모터만을 사용해서 구동하며 이때 클러치를 사용하여 엔진은 구동축과 분리되게 된다.

고속 주행시는 클러치가 결합되어 엔진의 동력이 구동축과 모터에 연결되게 되며 일부 동력은 배터리를 충전시키고 나머지 동력은 감속기를 거쳐서 차량을 구동시키게 된다.



(그림 8) 모터를 주구동원으로 채택한 에소르 트윈트랙(스위스)

하이브리드 전기 자동차가 기존 내연기관 자동차에 비해 연비를 향상시킬 수 있는 주된 요인은 다음과 같다.

1) 아이들 스탑/고

차량이 정차하거나 감속 중일 때 엔진을 끄으로써 아이들 상태에서 불필요하게 소모되는 연료와 배기가스 배출을 줄일 수 있다.

2) 회생제동

내연기관 차량에서는 제동시 차량의 제동 에너지를 마찰 브레이크를 사용하여 열로 소산시키거나 하이



## 하이브리드자동차

브리드 전기자동차는 이 에너지를 전동기를 발전시키는데 사용함으로써 회수할 수 있다. 회수된 에너지는 차량의 전장을 구동하거나 전동기를 구동시키는데 사용된다.

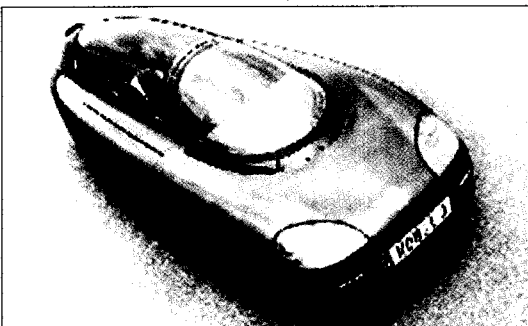
### 3) 파워어시스트

차량에 급격한 가속이 요구될 때 전동기의 동력보조를 이용해서 이를 충족시키고 엔진 운전상태의 급격한 변화를 막음으로써 과도하게 소모되는 연료와 배기가스의 배출을 줄일 수 있다.

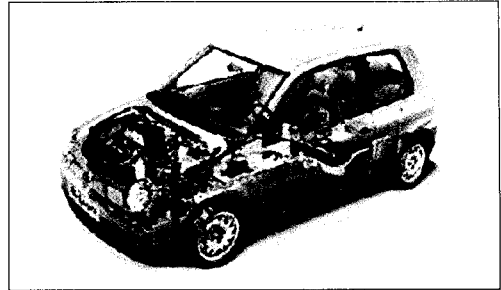
이 중 파워어시스트에 의한 연비 향상을 얻기 위해서는 대용량의 모터/배터리가 요구되고 고 수준의 제어 알고리즘이 필요하다. 따라서 폭스바겐이나 작스 등은 최소의 비용으로 최대의 효과를 얻기 위해 아이들 스탑/고, 회생제동 만을 구현할 수 있는 마일드 하이브리드에 대한 연구를 집중하고 있다.

작스 사는 12V 또는 42V시스템과 소용량의 박판 모터를 채택한 다이나스타트 시스템을 개발하였으며 이를 변형한 모델이 폭스바겐의 1리터카에 채용되어 있다.

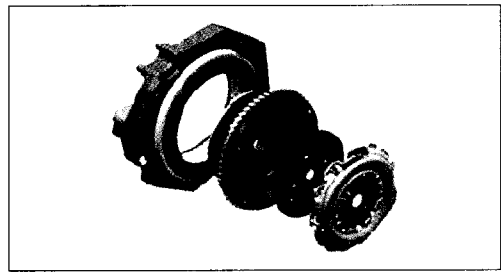
폭스바겐 사는 간단한 스타터/제너레이터 시스템을 사용하여 아이들 스탑/고 기능을 구현하는데 많은 연구를 하고 있는데 이 기술을 적용하여 세계 최초의 3리터카(3리터의 연료로 100km 주행)인 루포 3L을



〈그림 9〉 리터당 100km주행이라는 초고연비를 실현한 폭스바겐의 1리터카(2002년, 독일)



〈그림 10〉 세계최초의 양산 3리터카인 폭스바겐의 루포 3L(독일)



〈그림 11〉 발레오/리카르도의 42V 시스템 아이모젠 (2003년 출시예정, 프랑스/영국)



〈그림 12〉 전기식 4륜구동 하이브리드인 지엠의 프리셀(미국)



〈그림 13〉 리튬이온 배터리를 장비한 님러크라이슬러의 이엑스엑스3 (2002년, 미국)

개발하는데 성공하였다.

또한 발레오와 리카르도 시는 기술제휴를 통하여 42V 아이들 스탭/고 시스템인 아이모젠(i-Morgen)을 개발하였고, 2003년에 중형 디젤 엔진 승용차에 탑재하는 것을 목표로 하고 있다.

미국에서는 지엠(GM)이 전기자동차 이비1(EV1)을 개발하면서 축적된 기술과 부품을 사용하여 디젤엔진과 전동기, 배터리를 장착한 4륜 구동식 복합형 하이브리드 자동차인 프리셉(PRCEPT)을 개발하였다. 프리셉은 전륜에 모터, 후륜에 병렬형 하이브리드 시스템을 장착하여 전기식으로 4륜 구동을 구현한다.

또한 다임러크라이슬러 사에서는 1996년에 개발된 이에스엑스1(ESX1)을 시작으로 하여 이에스엑스2, 이에스엑스3를 계속 개발해 나가며 내연기관 장착 차량과의 가격차를 줄이는 연구를 해나가고 있다.

ESX3는 1.5L 직분엔진과 15kW의 전동기를 장착하고 있으며 이 연구는 미국 정부의 PNGV(Partnership for a New Generation of Vehicles)계획의 지원을 받고 있다.

지금까지 해외의 하이브리드 전기자동차의 개발에 대해 간략히 알아보았으며 표 1에 이를 정리하였다.

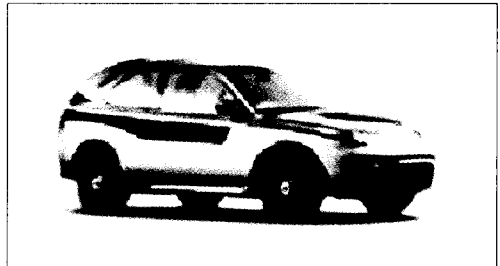
국내의 하이브리드 전기자동차에 대한 연구는 미국/일본 등의 선진국 보다는 늦은 1990년대 중반부터 본격적으로 진행되었다.

1996년 아시아 자동차는 G7프로젝트의 일환으로 서울대학교와의 산학협동을 통하여 자동화 수동 변속기를 적용한 마을 버스용 병렬형 하이브리드 동력 전달계를 개발하였으며, 초박형 모터를 클러치 하우징에 내장하여 동력 보조(Power-Assist)개념으로 작동하는 병렬형 하이브리드 버스의 시제차를 개발하여 서울대학교에서 시험 운행을 실시하기도 하였다.

기아자동차는 1999년부터 성균관대학교와의 산학 협동으로 무단변속기를 장착한 승용 병렬형 하이브리드 전기자동차용 동력전달계에 관한 연구를 수행하였다.



〈그림 14〉 초박형 모터를 장착한 아시아 자동차의 병렬형 하이브리드 버스 (1996년, 한국)



〈그림 15〉 최초의 국내 개발 하이브리드 전기 자동차인 현대자동차의 에프지비1(1995년, 한국)



〈그림 16〉 서울 모터쇼에 출품된 병렬형 하이브리드 컨셉카인 현대자동차의 에프지비2 (1999년, 한국)



〈그림 17〉 무단변속기를 장착한 병렬형 하이브리드 승용차인 현대자동차의 이반테 하이브리드(1999년, 한국)



## 하이브리드자동차

현대자동차에서는 전기자동차 개발에서 축적한 기술을 바탕으로 하이브리드 전기자동차의 개발을 시작하여 1995년과 1999년의 서울 모터쇼에 컨셉트 카인 에프지비1(FGV1)과 에프지비2를 각각 발표하였다.

에프지비 시리즈의 개발 경험을 기반으로 양산형 하이브리드 승용차에 대한 연구를 시작하였으며 1999년에 아반떼 하이브리드, 2000년에 무단변속기를 장착한 병렬형 하이브리드 승용차인 베르나 하이브리드와 디젤엔진을 장착한 직렬형 하이브리드 버스인 카운티 하이브리드를 각각 개발하였다.

베르나 하이브리드는 아이들 스탭/고, 회생제동, 파워시프트 등의 하이브리드 기능을 모두 수행할 수 있으며, 무단변속기와 하이브리드의 기능을 조합하여 엔진이 항상 최적의 조건으로 운전될 수 있도록 제어된다. 카운티 하이브리드 버스는 디젤엔진이 발전기를 구동시키고, 그 전력으로 모터를 돌려 구동하는 직렬

형 하이브리드 전기자동차이다.

카운티 하이브리드는 현대자동차의 산타페 전기자동차와 더불어 월드컵 행사 지원차량으로 선정되어 국민들에게 환경차량에 대한 관심을 불러일으키기도 하였다.

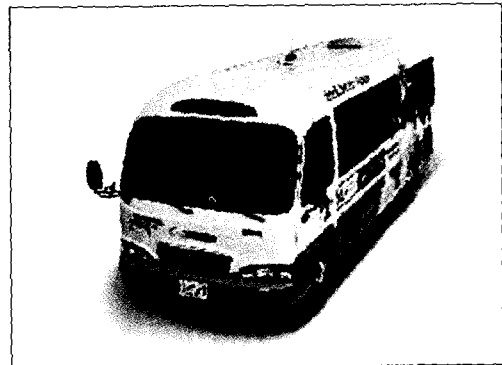
지금까지 해외와 국내의 하이브리드 전기자동차의 개발 동향에 대해서 간략히 알아보았다.

하이브리드 전기자동차의 개발은 배기가스 규제치 만족과 효율 향상이라는 현실적인 목적 이외에도 향후 차세대 자동차의 주역으로 등장할 연료전지 자동차 개발을 위한 선행 기술 개발 측면, 자동차 회사의 기술력 과시를 통한 홍보라는 측면에서 많은 중요성을 가지고 있다. 따라서 하이브리드 전기자동차에 대한 많은 관심이 필요할 때이다.

(조성태 연구원 : bangle@hyundai-motor.com)



(그림 18) 초박형 모터를 장착한 병렬형 하이브리드 승용차인 현대 자동차의 베르나 하이브리드(2000년, 한국)



(그림 19) 디젤엔진과 모터, 발전기로 구성된 직렬형 하이브리드 버스인 현대 자동차의 카운티 하이브리드(2001년, 한국)